

半導体産業における競争力の分析に基づく技術開発戦略の研究

著者	佐伯 俊則
号	3057
発行年	2002
URL	http://hdl.handle.net/10097/8329

氏名	佐伯 俊 則
授与学位	博士（工学）
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 24 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 4 条第 1 項
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科（博士課程）技術社会システム専攻
学位論文題目	半導体産業における競争力の分析に基づく技術開発戦略の研究
指導教官	東北大学教授 須川 成利
論文審査委員	主査 東北大学教授 須川 成利 東北大学教授 北村 正晴 東北大学教授 井口 泰孝 東北大学教授 原山 優子 東北大学教授 中塚 勝人 東北大学客員教授 大見 忠弘（未来科学技術共同研究センター） 教授 西村 吉雄（東京大学）

論文内容要旨

第 1 章 序論

半導体産業は、産業の規模と情報技術産業の技術の中心という 2 つの面で企業のみでなく国全体としての戦略的重要性が高まっている。しかし、我が国の半導体産業は 90 年代に世界シェアが大幅に低下するなかで、戦略なきまま事態を悪化させてきた。本論文では、厳しい状況におかれた日本の半導体産業を変革していくため、その効率性がコスト面から収益性に大きく影響を与えるとともに、市場が求めるタイミングと機能の製品を供給する開発力という面で売上高を変え、業界での位置付けを変える力を有する技術開発に焦点を当て戦略の検討を行った。従来の研究では、半導体産業に関する多様な競争力の分析がなされているが、収益性と技術開発の関係を正面から論じたものはない。本論文では、将来の成長への投資を行う収益を確保することが出来る能力という意味での競争力を向上させる技術開発戦略の検討を行い、従来の研究が巨額の費用が必要なプロセス技術の技術水準を高めるための戦略を中心に議論されているのに対し、一定の技術水準に達するまでの技術開発の効率性を中心におき、プロセス技術のみでなく設計技術まで含めた検討を行っている。

第 2 章 我が国の半導体産業の行動とその位置付け

本章では我が国半導体産業の行動と位置付けを理解するため、日本企業と海外企業の収益性を比較している。過去の日本企業は、担保主義の日本の銀行からの間接金融に頼った資金調達を行ってきたため、収益性よりも規模を重視してきた。しかし、日本の金融危機は間接金融に頼る資金調達

を困難とし、今後の成長に必要な設備投資、研究開発等の資金を賄うためには、調達手段に関わらず収益性を高めることが不可欠となっている。現在の日本の半導体企業は海外に比べ収益性が大幅に低く、本章では、この要因を分析している。コスト分析から低収益性の1つの要因として研究開発費の高さがあげられ、計量分析から90年代に入ってその効率が低下していることを示した。ヒアリング結果からその要因として、特にプロセス技術開発の効率性が欧米企業に比べ大幅に低下していることを明らかにした。低収益性のもう1つの大きな要因として、半導体産業を牽引してきたDRAMでは月間10%を越えて価格が低下していることを示し、売上高に与える製品投入速度の問題が極めて大きいことを示した。さらにデファクトスタンダード等市場で主導的な立場をとる上でも、外部経済の認知の問題から製品投入速度が重要であることを論じた。このことは、現在の日本の半導体産業が直面している苦境が、コスト面では、特にプロセス技術開発の効率性が海外に比べ低いこと、収入面では、製品投入速度が海外に比べ比較劣位にあることによっていることを示しており、このような課題へ対応する技術開発体制の確立が重要になっていることを明らかにした。

第3章 日本の半導体産業の企業構造・産業構造の世界と比較した特色

本章では技術開発戦略の前提となる日本の半導体産業の企業構造、産業構造の特色を検討した。世界の半導体産業が生産、設計等の専門機能化を進める中で、日本のデバイスメーカーは設計から生産までの全ての機能を自社内に包含する **Integrated Device Manufacturer (IDM)** 形態を続けていくのか、それとも専門企業群に分かれていくのかという検討を行った。売上高・投資減価償却に関する分析を行った結果、日本の半導体産業全体として今後建設可能な最先端量産工場は、最大5程度しかないことを明らかにした。このことは、日本の半導体企業全ては最先端量産工場をもてないことを意味しており、何らかの集約、提携が不可避となっている。この前提で、各企業が機能別に分かれるべきか、IDM形態を続けるべきかを検討したが、日本の半導体企業の設計部門単独での競争力の弱さは、機能別に分化した際の衰退の可能性を否定できず、総合力を生かせるIDM形態を維持せざるを得ない。しかし、機能別に分化して分業ネットワークを構成した方が効率性は高いため、工場の集約が不可避で設計と製造のやりとりを複数企業間でせざるを得ない以上、技術面、契約面のインターフェースの整備と他社情報が流用されないファイアウォールの整備を進め、IDMの総合力を生かした上でバーチャルな機能別分社を進め、分業ネットワークの利点を生かすことを提言している。また、半導体産業と装置産業の関係に関しては、装置に体化した技術が世界の半導体企業にわたっていく現実の中で、日本の半導体企業は装置産業と戦略的な関係を構築することが

できていない。しかし、プロセス技術面におけるトップレベルの地位を維持するためには、装置に体化した技術の移転を所与として新しい競争力の源泉を求め、半導体産業と装置産業の間での新しいパラダイムに基づく関係を築くべき時点に来ていることを論じている。さらに、現在まで戦略的な経営が行われてこなかった原因は、これまでは総合電機企業の一部門であったことと、専門家以外が口を挟みにくく、結果としてボトムアップ型の意志決定が行われてきたことにある。ボトムアップの弊害の1つは組織防衛であり、余ったリソースを活用しようとして戦略転換が遅れてきた。このような問題を避けるためには、アウトソーシングを活用して、戦略なき対応とならないことを提言している。

第4章 半導体産業における技術開発戦略

本章では、日本の半導体産業における技術戦略を取り上げている。まずコスト面で大きな位置を占めるプロセス技術開発に関して、技術的課題、現在の日本のコンソーシアムと研究開発体制、海外のコンソーシアムの状況を整理した上で、日本のプロセス技術開発体制の問題点に関するヒアリングを行った。この結果、欧米と遜色のないコンソーシアム体制がとられながらも、コンソーシアムと企業間での研究開発の重複が続いており、研究開発の効率化に結びついていないことを明らかにした。この原因の最大のもは、各社のプロセス方式が異なっており、コンソーシアムで開発する新技術を導入するとしても自社プロセスに導入するための研究が必要だということにあり、この課題の解決のためには日本の半導体プロセスを収斂することが必要となる。このような課題が日本で顕在化していることを分析するために、本論文では、プロセス技術開発に関して、生産方式に関して情報の交換を行わない疎結合モデルと、生産方式に関しノウハウまで含む情報交換を行い参加企業間で基本的に同一の生産方式をとる密結合モデルの2つのモデルを提案した。欧米に見られるように製造装置に体化された研究開発結果を原則的に受け入れるオープンアーキテクチャー構造の開発体制の場合は、疎結合モデルのコンソーシアム体制で効率化を進めることが可能である。しかし、日本の半導体企業のように、プロセス方式の改良・改善を繰り返し、装置にも改良を加えるノウハウを重んじる場合には、疎結合モデルではコンソーシアムの成果を活用できない。日本の場合には、より直接的で、事実上1企業の中で研究開発を行っているのと同じになり成果の伝搬の容易な密結合モデルが適している。このプロセス技術開発体制の密結合モデルへの転換、生産方式の違いによる事業提携の障害の打破、設計に関する **Intellectual Properties (IP)** の流通促進を進めるため標準化事業が始まった。ここでは標準化事業の意義と課題を整理した。また、製品投入速度を

向上させる上で重要な設計技術に関しては、日本では欧米に比べ顧客の要望を取り入れて仕様を定める割合が大幅に低く、重要顧客の要望を反映して行くには開発体制を見直す必要がある。ここではシステム機器部門と半導体部門の関係と顧客との関係からモデル化して分析し、今後の日本の半導体企業は、システム機器部門を同一会社内にとどめる従来の体制では他のユーザーとの利害相半によって発展に制約があり、半導体部門が独立していくことが不可欠であることを示した。さらに設計能力に関しては、欧米に比べ日本の半導体企業は約2割開発速度が遅く、設計分野に対して質を考慮したリソースの投入が必要であることを示した。このためには外部の専門企業の利用が強化されるべきであり、異業態にまたがる連携を促進し分業ネットワークを構築する試みが行われるべきことを提言している。このような技術開発の体制整備において、政府には適切な投資レベルへ向けた誘導と、業種を越えた体制の整備を図る役割がある。特にここでは、日本における密結合モデルの実現のために政府の支援が必要であった理由として、日本ではプロセス技術を重視しているため、ノウハウの交換の際に事前には他社のノウハウを評価できないという情報の非対称性によるリスクが大きく、政府の支援が必要となったことを指摘している。新しい体制の中でコンソーシアムは戦略的役割を有し、企業が必要とする研究内容の幅が広くなることに対応して、実施される研究開発事業の間の齟齬が出にくい仕組みを構築する必要がある。大学に関しては、米国では長期にわたって、産業界と大学が協力し合い、戦略的に中核となる大学を育成している。日本でも、研究、人材育成、ビジョン提供の分野で、大学と産業界が相互にインタラクションしながら発展していくモデルへ転換すべきであることを提言している。

第5章 結論

本論文の結論として、日本の半導体産業としての技術戦略は、コンソーシアム、大学を活用してプロセス技術に関する研究開発効率を上げ、それによって得られたリソースを製品の開発を行う広い意味での設計部門に投入すべきであることを示し、その前提となる、市場ニーズをつかめる企業組織の構築を含めて、企業家の責務を指摘している。

以上のように本論文は、日本における半導体産業の技術開発体制の問題点を明らかにし、技術開発の効率を上げ収益を向上するために、問題点を変革するための道筋を戦略として示すものである。

論文審査結果の要旨

半導体産業はわが国の次世代の経済成長を担う基幹産業のひとつであるが、戦略なき企業運営を続けてきた結果、国際競争力の低下という大きな課題を抱える状況に陥っている。日本の半導体企業は海外に比べ収益率が大幅に低く、投資資金を確保しにくい構造となっており、今後ともさらに競争力が低下する懸念がある。このため、著者は、日本の半導体産業の収益性を高めるという観点から、中長期的な競争力を決定する大きな要因であると考えられる技術開発戦略に関して研究を行っている。本論文は、日本の半導体産業の組織、構造に関する分析に基づいた技術開発戦略の検討を行い、わが国半導体産業界の将来方向を低減した成果をまとめたものであり、全文5章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、日本の半導体産業において研究開発効率が90年代に低下していること、及び、製品開発速度が収益に直接影響することを定量的な分析に基づいて明らかにしている。これは、研究開発効率を向上させ、製品開発速度を向上させる新たな技術開発戦略を推進することによって、日本の半導体産業の収益を向上させることができることを示す重要な成果である。

第3章では、技術開発戦略の前提となる企業組織、産業構造、意志決定メカニズムの問題を取り上げている。設備投資額の高騰から、現在の日本の半導体企業すべてが最先端の量産工場を持ち得ることはないことを示した上で、生産、設計等の専門機能別にみた競争力の観点から、設計から生産までの全ての機能を有するIntegrated Device Manufacturer (IDM) 形態を維持したまま、共同出資、提携等により工場維持に必要な売上額を確保し、その上でIDMの弊害を避けるモデルを提言している。また意志決定メカニズムの問題として、ボトムアップによる弊害を指摘した上で、外部リソースも活用したビジョン形成と、組織防衛の生まれにくいアウトソーシングの活用を提言している。これは、日本の半導体企業の進む指針を与える重要な成果である。

第4章では、日本の半導体産業の技術開発戦略を、コストを低下させるための製造プロセス技術開発上の課題と、売上を増加させるために製品投入速度を速める設計技術開発上の課題について分析している。製造プロセス技術開発上の最大の課題は、コンソーシアム体制を構築したにもかかわらず、同種の研究を各企業が重複して行っていることを明らかにしている。筆者は、本章の中でコンソーシアムの形態を、生産方式に関するノウハウ等の情報交換を行うか否かに応じ、それぞれ密結合と疎結合の2つにモデル化し、日本のようにノウハウ等を重視する生産方式の場合は、コンソーシアムの成果を活用し重複を排除する密結合モデルを採用する必要がある。

あることを示している。筆者等は密結合モデルの実現等のために半導体技術標準化事業を始めており、この意義と課題を整理している。製品投入速度を速めるためには、欧米に比べ不十分な顧客ニーズ把握を強化することが必要であり、そのためにシステム機器部門から独立した企業組織が必要であることを指摘している。また、欧米に比べて劣った設計速度の改善のため、アウトソーシング等を活用した設計部門へのリソース投入を提言している。これらの分析と提言は、日本の半導体産業における技術開発の課題を明示し、その問題に対する解決策を提言するもので、極めて重要な成果である。

第5章は結論である。

以上要するに本論文は、今日の日本の半導体産業が抱える現実的な課題をモデル化して分析し、その解決策を戦略として提言するもので、半導体産業論、技術開発戦略研究の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。